

Analisis Pengaruh Rasio Volume Lumpur Sawah dan Limbah Kulit Pisang Sebagai Substrat Terhadap Produksi Energi Listrik Pada MFC

Yeremia Kristianto Adi^{1*}, M. Ramdhan Kirom², Amaliyah Rohsari Indah Utami³

^{1,2,3}Prodi S1 Teknik Fisika, Universitas Telkom

*Email: yeremiaka@gmail.com

Abstrak

Keywords:

MFC; Lumpur; Kulit Pisang

Microbial Fuel Cell (MFC) adalah suatu teknologi energi terbarukan untuk menghasilkan energi listrik melalui proses oksidasi dan reduksi dengan menggunakan substrat sebagai bahan bakar dan bakteri sebagai katalisator. Tujuan dari penelitian ini adalah menganalisis produksi listrik yang dihasilkan oleh sistem MFC ini terhadap pengaruh campuran limbah kulit pisang dan lumpur sawah sebagai substrat. Sistem MFC yang digunakan pada penelitian ini adalah reaktor jenis dual-chamber yang terdiri dari kompartemen anoda dan katoda yang mampu menampung hingga 500 mL, dimana kompartemen anoda diisi oleh substrat limbah kulit pisang dan lumpur sawah sedangkan kompartemen katoda diisi oleh akuades. Kedua kompartemen tersebut dipisahkan oleh jembatan garam yang terbuat dari pilinan sumbu kompor yang direndam pada larutan NaCl (1M). Pada penelitian ini disiapkan lima buah reaktor yang masing – masing reaktor akan diisi dengan berbagai variasi volume rasio antara limbah kulit pisang dan lumpur sawah dan juga variasi lama waktu inkubasi limbah kulit pisang. Pengamatan akan dilakukan setiap empat jam dalam empat belas hari dan elektroda yang digunakan pada penelitian ini adalah seng dan tembaga dengan luas permukaan 10 cm². Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa daya maksimum yang dapat dihasilkan dari sistem MFC ini sebesar 0,2604 mW dan energi maksimum sebesar 3749,6 mJ pada reaktor dengan variasi rasio lumpur sawah 300 mL dan kulit pisang 100 mL dengan masa inkubasi selama 7 hari.

1. PENDAHULUAN

Indonesia merupakan negara yang memiliki sektor pertanian yang luas dan tanah yang subur. Tidak heran jika Indonesia memproduksi berbagai jenis buah-buahan, banyak jenis buah yang menjadi ciri khas negara ini. Dari berbagai jenis buah, pisang adalah buah yang paling banyak diproduksi

oleh Indonesia. Berdasarkan data dari Badan Pusat Statistik, sebanyak 7, 29 ton pisang diproduksi di negara ini pada tahun 2015 [1]. Hal ini dimanfaatkan oleh para wirausahawan di bidang kuliner untuk membuka berbagai usaha berbahan dasar buah pisang, seperti berjualan gorengan, pisang ijo dan keripik pisang. Sebanding dengan banyaknya

produksi olahan pisang, maka bertambah pula limbah kulit pisang yang dihasilkan. Jika tidak bisa dimanfaatkan dan dikelola dengan baik, khususnya dalam pengelolaan limbah kulit pisang yang dihasilkan, maka limbah tersebut akan menjadi polusi udara karena baunya yang tidak sedap jika dibiarkan terlalu lama akibat kandungan karbohidrat yang cukup banyak pada kulit pisang.

Salah satu solusinya adalah menjadikan limbah kulit pisang ini sebagai sumber energi terbarukan, selain untuk mengurangi pencemaran, hal ini dilakukan untuk memecahkan masalah makin meningkatnya konsumsi energi dan menipisnya sumber energi fosil di dunia dan khususnya di Indonesia. Pada periode 2000-2012, konsumsi energi di Indonesia terus meningkat rata-rata sebesar 2,9% per tahun dan jenis energi yang paling banyak digunakan adalah bahan bakar minyak [2]. Keadaan ini harus disadari oleh Indonesia bahwa perlunya memanfaatkan sumber energi terbarukan untuk menggantikan energi fosil (minyak bumi, batu bara, dan gas) yang semakin berkurang dan dampaknya yang dapat merusak lingkungan. Mengingat banyaknya kandungan glukosa dalam karbohidrat yang terdapat dalam kulit pisang maka *Microbial Fuel Cell* (MFC) adalah salah satu teknologi yang tepat untuk dapat mengelola limbah kulit pisang menjadi sumber energi terbarukan yang ramah lingkungan. MFC adalah sebuah sistem bioelektrokimia yang menggunakan mikroorganisme sebagai bahan bakar untuk

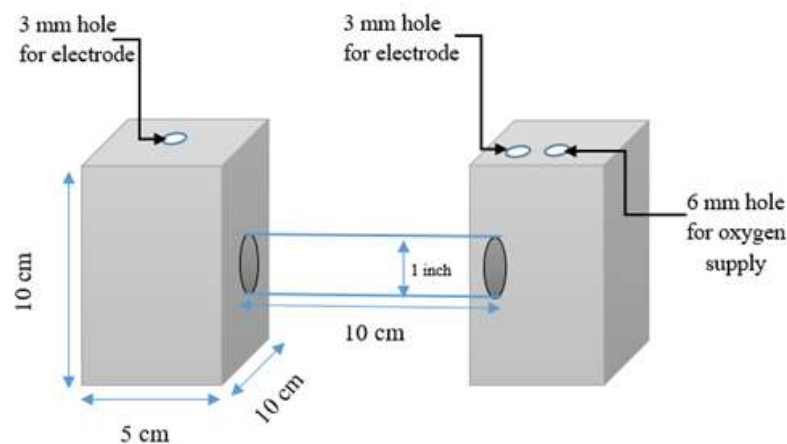
menghasilkan energi listrik, sistem ini memiliki ruang anoda yang berisi substrat dari bahan organik dan katoda yang berisi elektrolit. Elektron yang dihasilkan oleh bakteri dari substrat di ruang anoda akan ditransfer menuju ruang katoda yang akhirnya akan menghasilkan energi listrik.

Maka dari itu, dalam penelitian ini, penulis melakukan pengamatan limbah kulit pisang sebagai substrat pada sistem MFC. Penelitian ini dilakukan pada reaktor *dual-chamber* yang difokuskan pada variasi lama waktu inkubasi substrat dan rasio volume pencampuran limbah kulit pisang dan lumpur sawah untuk mengetahui nilai energi listrik optimal yang dapat dihasilkan.

2. METODE

2.1. Desain MFC

Skema yang digunakan pada penelitian *MFC* ini menggunakan *dual-chambers*, yaitu reaktor yang memiliki kompartemen anoda dan katoda yang dipisahkan oleh jembatan garam. Kompartemen anoda dan katoda yang digunakan dapat menampung larutan sebesar 500 mL dengan dimensi 5 x 10 x 10 cm dengan ketebalan 0.5 cm, lubang berdiameter 3 mm pada bagian atas sebagai tempat untuk kabel jumper dan lubang berukuran 6 mm pada kompartemen katoda sebagai tempat masuknya suplai oksigen yang berasal dari pompa akuarium.



Gambar 1. Desain MFC

2.2. Elektroda dan Jembatan Garam

Bahan pembuatan jembatan garam pada penelitian ini adalah dengan menggunakan sumbu kompor dan larutan garam yang terbuat dari NaCl yang dilarutkan dalam air panas. Sumbu kompor kemudian dipilin dan direndam dalam larutan NaCl 1M hingga meresap, lalu sumbu kompor tersebut dijemur dan dimasukkan ke dalam pipa PVC sepanjang 10 cm dengan diameter 1 inch.

Material logam yang digunakan sebagai elektroda pada penelitian ini adalah lempengan seng (Zn) dan tembaga (Cu) berbentuk plat dengan luas permukaan sebesar 10 cm² dan tebal 1 mm. Seng diletakkan pada kompartemen anoda dan tembaga pada kompartemen katoda.

2.3. Substrat

Pada penelitian ini substrat yang digunakan adalah limbah kulit pisang

raja. Langkah awal yang dilakukan adalah dengan membersihkan kulit pisang lalu memotongnya kecil-kecil. Kemudian kulit pisang ditimbang dan dicampur dengan air dengan perbandingan volume 1:1 untuk diblender [11]. Lalu diamkan substrat selama waktu yang telah ditentukan.

2.4. Teknik Pengumpulan Data dan Analisis

Eksperimen pada penelitian ini dilakukan dengan variasi waktu pendiaman substrat kulit pisang dan variasi volume antara lumpur sawah dan kulit pisang untuk mengukur besarnya tegangan dan arus listrik yang dihasilkan pada sistem MFC. Tabel 1 menunjukkan variasi volume dan waktu inkubasi yang digunakan pada penelitian ini.

Tabel 1. Variasi Volume dan Waktu Inkubasi

Reaktor	Waktu Inkubasi	Volume Lumpur Sawah	Volume Kulit Pisang
1	-	300	100
2	-	200	200
3	-	100	300
4	1 hari	300	100
5	7 hari	300	100

Nilai kuat arus dan tegangan yang dihasilkan sistem MFC pada penelitian ini akan dicatat menggunakan *data logger* dan multimeter. *Data logger* yang dibuat pada penelitian ini menggunakan sensor tegangan yang berfungsi mendeteksi nilai tegangan keluaran sistem MFC dan dibaca oleh mikrokontroler Arduino Uno yang dihubungkan pada elektroda memakai kabel [9]. Hasil dari pengujian akan ditampilkan pada LCD berukuran 16 x 2. Pengambilan data akan dilakukan setiap empat jam dalam empat belas hari. Data tersebut kemudian akan diolah untuk mendapatkan besarnya nilai daya listrik dan energi listrik menggunakan persamaan berikut:

$$P = V \times I \quad (1)$$

$$W = P \times t \quad (2)$$

Dengan:

V adalah tegangan listrik,

I adalah arus listrik,

P adalah daya listrik,

t adalah waktu dalam detik,

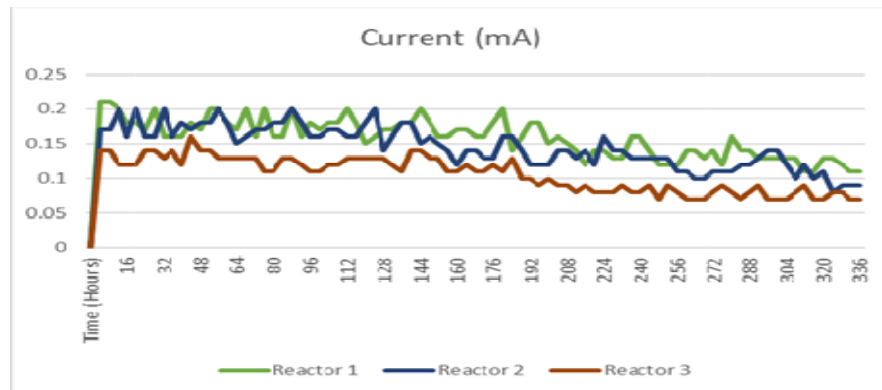
W adalah energi listrik.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Kuat Arus dan Tegangan Listrik

Nilai tegangan yang terukur bergantung pada banyaknya luas penampang plat yang melakukan kontak dengan substrat dan perbedaan potensial pada plat, sedangkan kuat arus

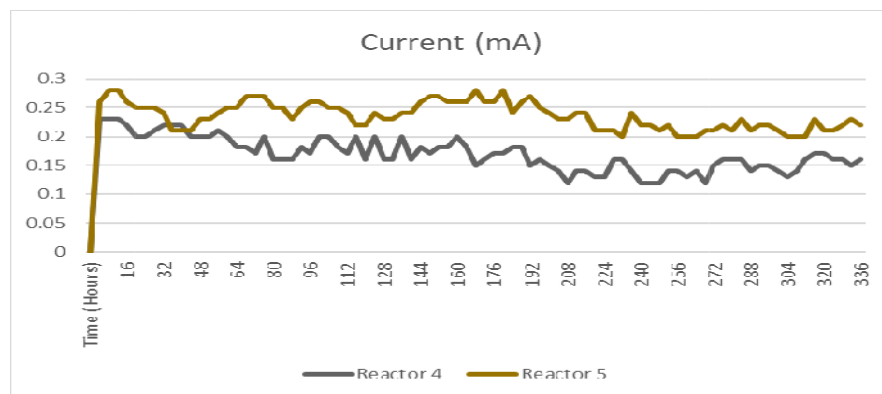
dipengaruhi oleh banyaknya ion – ion yang mengalir pada sistem MFC.



Gambar 2. Grafik Pengukuran Kuat Arus pada Reaktor 1, 2, dan 3

Dari grafik tersebut dapat disimpulkan bahwa hasil keluaran kuat arus pada reaktor 1 dengan variasi volume lumpur sawah 300 mL dan kulit pisang 100 mL memiliki nilai yang paling besar dan konstan, sehingga

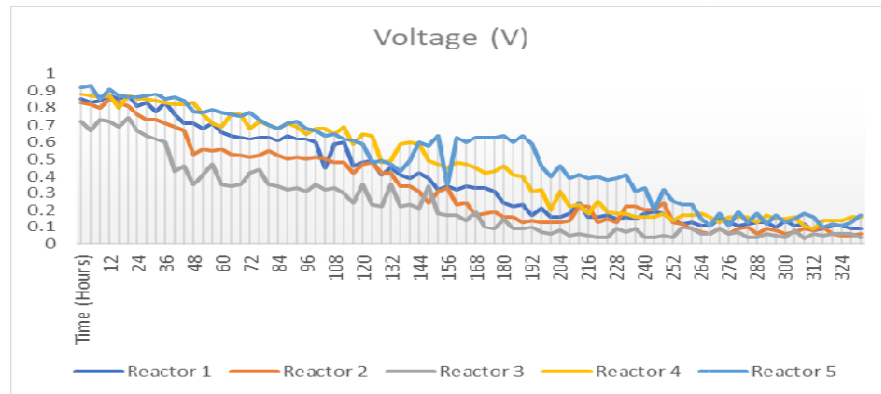
penelitian ini dilanjutkan dengan menggunakan variasi tersebut untuk meneliti tentang pengaruh lama waktu inkubasi.



Gambar 3. Grafik Pengukuran Kuat Arus pada Reaktor 4 dan 5

Tiap variasi rasio volume memiliki kuat arus dalam range yang hampir sama. Keadaan kuat arus pada penelitian ini cenderung konstan dengan kenaikan dan penurunan yang tidak terlalu signifikan. Terjadinya grafik yang tidak beraturan

menandakan tidak konsistennya ion – ion yang mengalir pada jembatan garam sehingga menyebabkan tidak sempurnanya transfer ion – ion yang menghasilkan listrik.



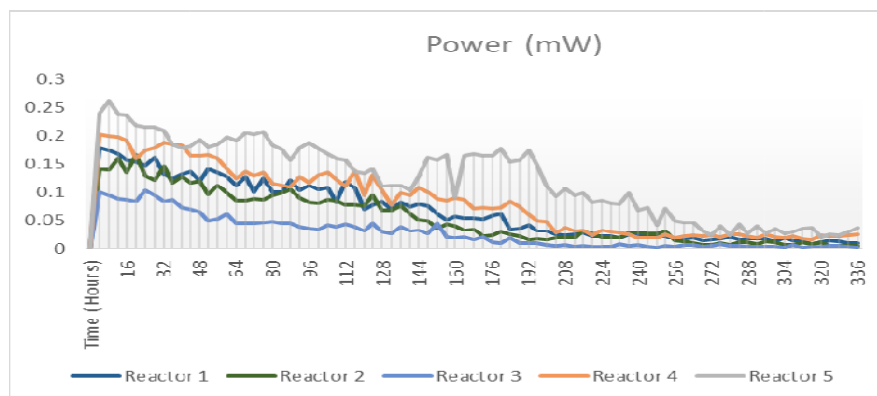
Gambar 4. Grafik Pengukuran Tegangan pada Tiap Reaktor

Dilihat dari Gambar 4, dapat diketahui bahwa tegangan pada skema MFC penelitian ini cenderung mengalami penurunan. Hal ini disebabkan oleh semakin mengecilnya kontak yang terjadi pada plat elektroda karena timbulnya karat. Selain itu mikroorganisme yang berada pada substrat mulai hilangnya energi untuk melakukan metabolisme sehingga tegangan yang dihasilkan semakin lama semakin kecil. Tegangan paling besar berdasarkan penelitian ini adalah 0,93 V pada reaktor 5 dengan variasi volume lumpur sawah 300 mL, kulit pisang 100 mL dan masa inkubasi 7 hari. Penurunan nilai tegangan juga disebabkan oleh semakin tidak

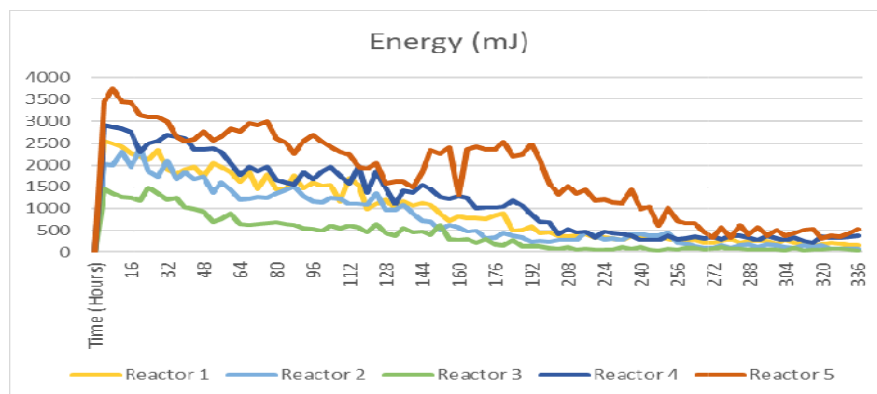
efisiensinya kerja dari jembatan garam yang semakin lama konsentrasi NaCl semakin berkurang.

3.2. Daya dan Energi Listrik

Dari Gambar 5, diketahui bahwa daya paling besar berada pada variasi volume lumpur sawah 300 mL, kulit pisang 100 mL dan masa inkubasi 7 hari dengan nilai 0,2604 mW. Grafik daya berbanding lurus dengan tegangan, dimana grafik mengalami penurunan. Hal ini disebabkan karena nilai dari daya adalah nilai perkalian dari tegangan dan kuat arus.



Gambar 5. Grafik Pengukuran Daya pada Tiap Reaktor



Gambar 6. Grafik Pengukuran Energi pada Tiap Reaktor

Gambar 6 merupakan grafik perbandingan energi terhadap waktu. Dari gambar 6 dapat dilihat bahwa energi terbesar cenderung dihasilkan pada reaktor 5 yang berisi variasi volume lumpur sawah 300 mL, kulit pisang 100 mL dan masa inkubasi 7 hari yaitu 3749,6 mJ. Hal ini disebabkan oleh faktor tegangan yang besar, dimana pada

reaktor 5 tegangan yang dihasilkan merupakan tegangan yang paling besar. Energi yang dihasilkan akan semakin tinggi apabila lamanya waktu dari penggunaan MFC itu sendiri.

3.3. Electrical Conductivity (EC) dan pH

Tabel 2. Pengukuran Nilai pH dan EC

No	Waktu Inkubasi	EC	pH
1	-	3900 ppm	5, 53
2	1 hari	6580 ppm	5, 48
3	7 hari	8700 ppm	5, 05

Tabel 2 merupakan hasil pengukuran nilai pH dan EC substrat kulit pisang menggunakan pH meter dan EC meter. Dari hasil pengukuran dapat dilihat bahwa semakin lama masa inkubasi maka semakin kecil nilai pH dan nilai EC yang dimiliki oleh substrat kulit pisang semakin besar, nilai EC terbesar adalah 8700 ppm yang dihasilkan oleh kulit pisang dengan masa inkubasi 7 hari. Makin besar nilai EC yang didapat menandakan makin banyak pula ion yang terlarut dan makin mudah larutan untuk menghantarkan listrik. Selain itu pada kulit pisang dengan masa inkubasi 7 hari juga memiliki pH sebesar 5,05 Dengan bertambahnya waktu inkubasi, aktivitas mikroba semakin meningkat dan jumlah

mikroba semakin banyak, hal ini menyebabkan pH menjadi turun dan membuktikan terjadinya perubahan kimia pada komponen gula menjadi komponen asam.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, maka didapatkan kesimpulan. Pertama, sistem MFC menghasilkan daya maksimum sebesar 0,2604 mW dan energi maksimum sebesar 3749,6 mJ pada reaktor dengan variasi rasio lumpur sawah 300 mL dan kulit pisang 100 mL dengan masa inkubasi selama 7 hari; Kedua, kinerja pada sistem MFC dengan variasi rasio lumpur sawah dan kulit pisang akan menghasilkan daya dan energi yang besar jika jumlah sumber bakteri lebih banyak dibandingkan

dengan jumlah substrat; Terakhir, kinerja pada sistem MFC akan menghasilkan daya dan energi yang lebih besar jika menggunakan substrat kulit pisang dengan masa inkubasi dibandingkan dengan kulit pisang yang tidak mengalami masa inkubasi terlebih dahulu.

UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis mengucapkan terimakasih kepada seluruh dosen prodi S1 Teknik Fisika, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom.

REFERENSI

- [1] Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi. 2016. Outlook Energi Indonesia 2016. Jakarta: Pusat Teknologi Pengembangan Sumberdaya Energi BPPT.
- [2] Akbar, Nuzul. 2017. Analisis Pengaruh Material Logam Sebagai Elektroda Microbial Fuel Cell Terhadap Produksi Energi Listrik. Bandung: Universitas Telkom.
- [3] Sitorus, Berlian. 2010. Diversifikasi Sumber Energi Terbarukan melalui Penggunaan Air Buangan dalam Sel Elektrokimia Berbasis Mikroba. Pontianak: Universitas Tanjung Pura.
- [4] Rosita, Dessy. 2017. Study Pemanfaatan Lumpur Sebagai Sumber Alternatif Energi Dengan Menggunakan Microbial Fuel Cells (MFCs). Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- [5] Kristin, Ester. 2012. Produksi Energi Listrik Melalui Microbial Fuel Cell Menggunakan Limbah Industri Tempe. Depok: Universitas Indonesia.
- [6] Balai Penelitian dan Pengembangan Industri, Jatim, Surabaya (1982)
- [7] Jafary, T. 2010. The Effect of Substrate Concentration on The Electrical Performance of Microbial Fuel Cells. Babol: Babol University of Technology.
- [8] Nur Rachman, Adhitya. 2015. Studi Awal Pemanfaatan Sungai Ciliwung di Sekitar Masjid Istiqlal dengan Proses Pengomposan. Bandung: Institut Teknologi Bandung
- [9] Amenda, Fajar. 2018. Analisis Produksi Energi Listrik dari Microbial Fuel Cell dengan Pengolahan Air Limbah. Bandung: Universitas Telkom.
- [10] Basith, Muhammad Abdul. 2017. Penerapan Sensor Ultrasonik HC-SR04 pada Sistem Pengukur Volume pada Mobil Tangki Air Bersih: Politeknik Negeri Sriwijaya.
- [11] Vonia, Eka. 2018. Studi Potensi Produksi Energi Listrik Sel Tunam Mikroba dengan Substrat Kulit Pisang. Bandung: Universitas Telkom.